

Екологична биоенергетика при управление на агроекологични системи

Ботьо Захаринов

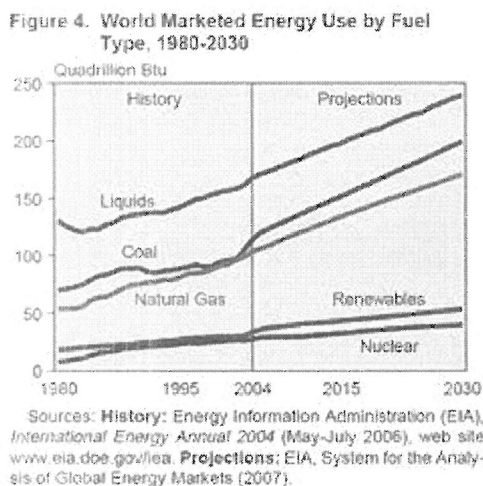
Нов български университет, София

Резюме: В настоящата разработка предлагаме нов подход за решаване на енергийните проблеми, които наричаме екологична биоенергетика. За разлика от техническата биоенергетика, целта на която е производство на енергия от различни видове и комбинации биомаса по различни технологии, екологичната биоенергетика съчетава висока ефективност на оползотворяване на енергоносителите чрез биотехнологии с гаранции за здравето на човека и на екосистемите при производство на енергия.

Ключови думи: биоенергетика, анаеробно разграждане, органични отпадъци, енергийни култури

1. Въведение:

От 70-те години на миналото столетие енергийната криза в света ескалира с реална опасност да предизвика екологична катастрофа, която ще доведе до загиване на човечеството и деградация на биосферата. Независимо от това енергийните потребности на обществото нарастват



Фиг.1

Сред сравнително малкото шансове за радикално решаване на енергийните проблеми изпъкват възможностите сравнително нова наука / с начало 40-те години на миналия век, но корени далеч в древността/ - биоенергетиката да се превърне в научен фундамент, за решаване на енергийните проблеми. Сега е известно, че тези проблеми произтичат несамо от зависимостта от фосилните горива и урана, но и са свързани със здравето на човека и на природата. Четири нобелови награди и 3 десетилетия напрегната работа маркират възходящото развитие на биоенергетиката, в която Вартбург, Кребс, Енгелхард, Шер и много други установяват сложното и продължително „пътуване“ на слънчевия лъч в живото вещество на биосферата, пътуване което е в основата на биоенните цикли на химичните елементи, от които

зависи потенциалното безсмъртие на видовете и на биоценозите. Съвременната биоенергетика е съзвездие от науки между които особено успешно се развива техническата биоенергетика – науката която изучава качествата на биомасата като енергоносител и технологиите за оползотворяване на енергийния и/ потенциал. В процеса на еволюцията е постигнато невероятно съвършенство на каскадно движение на енергията в отделните трофични равнища на биоценозите и биосферата, съвършенство, началото на което са хлоропластите в зеления лист, които трансформират слънчевата енергия в енергия на химичните връзки са сложните органични съединения в огромно количество / 200- 700 млрд т годишно/ и този енергиен потенциал превръща екосистемата във „перпетуум мобиле“, тъй като слънчевата енергия е неизчерпаема, а ежегодно превръщаната от нея химична енергия е достатъчна за съществуването на всички хетеротрофни организми и за тяхната прогресивна еволюция

В настоящата разработка ние предлагаме нов подход, който наричаме екологична биоенергетика. За разлика от техническата, целта на която е производство на енергия от различни видове и комбинации биомаса по различни технологии, екологичната биоенергетика съчетава висока ефективност на оползотворяване на енергоносителите с гаранции за здравето на човека и на екосистемите при производство на енергия.

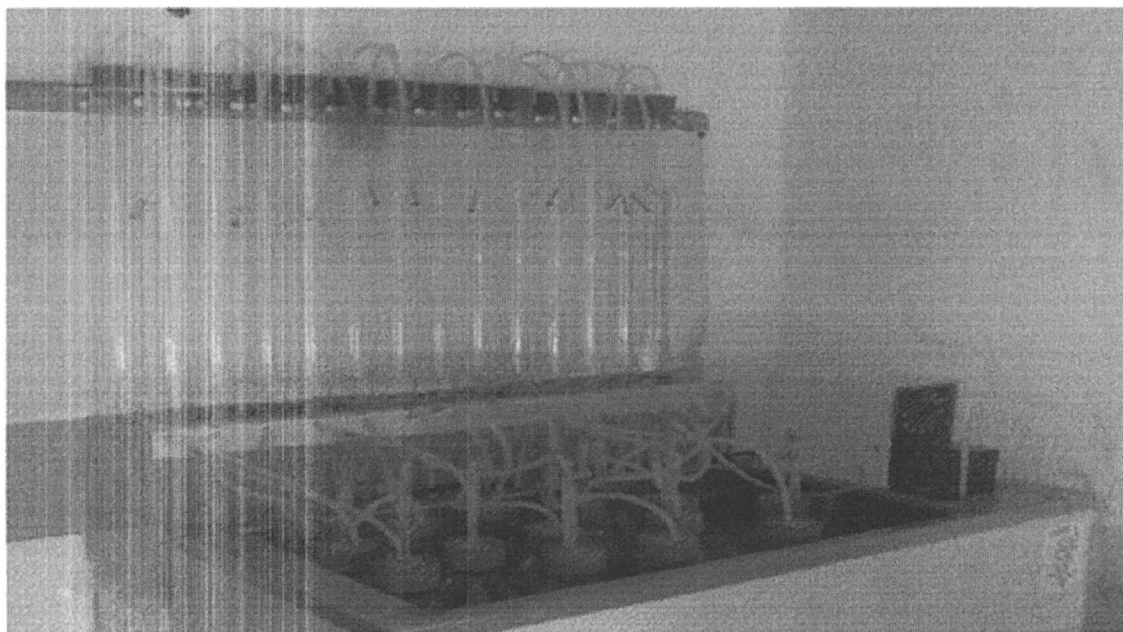
Настоящата разработка е скромна опит да се доразвие „дървото“ на съвременната биоенергетика като вместо техническа биоенергетика се представи единство от научни изследвания и практика в нова научна дисциплина екологична биоенергетика. Доразвитието на доктрината за перспективността на техническата биоенергетика е свързано с възможността за търсене на технологични решения при които се оползотворява не само енергийния потенциал на биомасата, но се гарантира и здравето на човека и на екосистемите. В нашата разработка се предлага комплексен подход за намаляване на енергоемкостта при експлоатация на агроценозите. На основата на разумни от икономическо гледище технологични решения и безусловна екологична целесъобразност се разглеждат възможностите за повишаване на ефективността на АР чрез използване на енергийни култури и оптимизиране качествата на биоплазма в зависимост на конкретните потребности на агроценозите-реципиенти при изключване на риска за хората и екосистемите от пренасяне на причинители на заразни и паразитни заболявания чрез технологичната верига.

2. Материал и методи

Проучванията са проведени чрез моделиране на анаеробно разграждане /АР/ на биомаса в разработен от нас лабораторен ферментор от каскаден тип и оптимизиране на технологичните процеси чрез математическо моделиране.

Субстратите и получения биоплазма са изследвани по следните методи:

- Определяне на реакцията на средата /рН/ — БДС EN 12176:2000
- Определяне на сух остатък и съдържание на вода — БДС EN 12880:2003.
- Определяне на общ органичен въглерод — БДС EN 13137:2005.
- Определяне на общ азот — БДС ISO 11261:2002
- Определяне на минерални азотни форми: амониев /NH₄⁺-N/ и нитратен /NO₃⁻-N/ азот — БДС ISO 14255:2002.
- Определяне на подвижни форми на фосфор /P/ — БДС ISO 11263:2002.
- Определяне на подвижен калий /K/ — Определянето се извършва по методика на М.Милчева, която се използва в ИПАЗР "Н.Пушкарров".



Фиг. 2

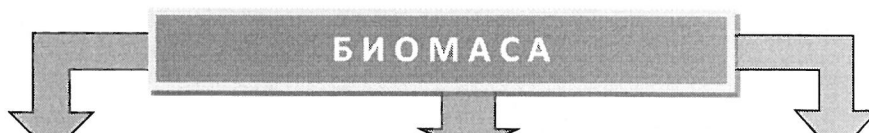
- Определяне на водоразтворими количества на сяра /S/ като сулфат /SO₄/ — ВМ-1:2007.

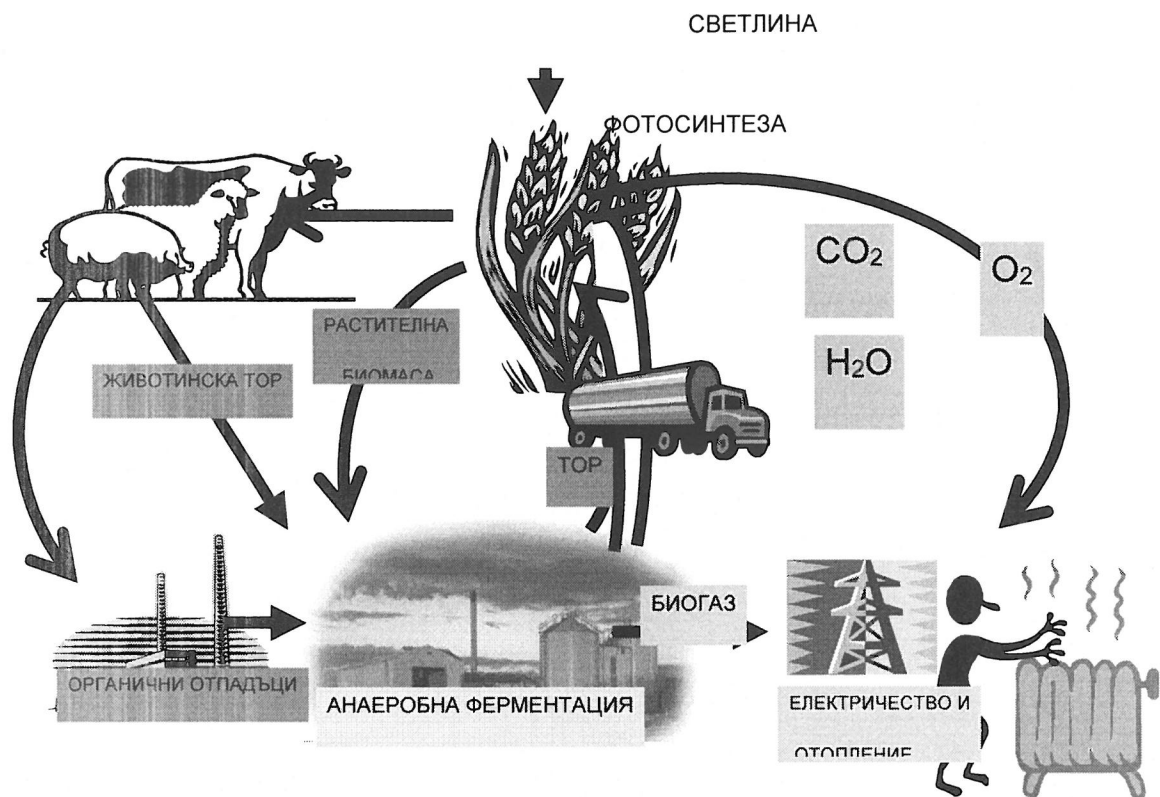
- Определяне на общото съдържание на фосфор /P/, калий /K/, калций /Ca/, магнезий /Mg/, тежки метали — кадмий /Cd/, хром /Cr/, никел /Ni/, мед /Cu/, цинк /Zn/, олово /Pb/, живак /Hg/ и арсен /As/ — БДС EN-13346:2000, ВМ-1:200

3. Резултати

Използването на биомасата като енергоносител е възможно чрез химинти технологии /различни реакции на окисление на въглеродсъдържащите съединения/ и чрез биотехнологии /превръщане на въглеродните съединения в биомасата в други енергоносители – биогаз, етанол и др/

В настоящата разработка акцентираме върху резултатите от експерименти за използване на смесени субстрати за АР, които включват органични торове и растителна биомаса. В Германия енергийните култури се използват за повишаване ефективността на производство на биогаз, тъй като както се вижда от фигурата те са източник на значително по-голямо количество енергия в сравнение с торовете. В България поради относително малкото обработваема земя е нерационално да се отклонява селскостопанското производство към производство на енергийни култури. По тази причина ние потърсихме алтернативи като експериментирахме с растителна биомаса, която не се включва в хранителната верига на човека или на селскостопанските животни.





фиг.3

Предишни проучвания /Байков, 1985/ включват опити за силажиране на смеси от царевица и несменяема постеля от бройлерното производство или тор от телета за уговяване с цел повишаване на азотното съдържание в дажбата на преживните животни. При тези опити се установи, че млечнокиселата ферментация значително намалява изследваните санитарноиндикаторни микроорганизми. Тези резултати са в основата на интегриране на двете биотехнологии при предварително смесване на субстратите – растителна биомаса и органични торове, които представяме в настоящата публикация

На таблицата е представен състава на основните компоненти използвани при правенето на силажите. Сравнявайки торовете по отношение на СВ / сухо вещество/ се вижда, че между говеждата и свинската тор различия не се наблюдават. Изключение прави птичата тор, която има ниски стойности за показателя сухо вещество. От сравняваните три вида тор по показателя органичен въглерод най- високи стойности се наблюдават при говеждата тор, а най –ниски при птичата. За разлика от тези показатели/ СВ, орг.С/ процента на азота в тора получена от моногастричните животни / свине и птици/ е по-висок. Азотните фракции / амониев, нитратен и нитритен азот/ следват тенденциите наблюдавани за общия азот, като стойностите и за трите фракции са най-високи при птичата тор. Най-добро съотношение между въглерод и азот обаче се наблюдава при говеждата тор, като по отношение на този показател торовете получени от моногастрични животни / свинска и птича/ са с два пъти по –ниски стойности. Стойностите получени за този показател се потвърждават и от предишни наши сравнителни проучвания. Препоръките на редица чужди автори за оптимални съотношения между въглерод и азот са твърде разнопосочни, но при всички случаи и трите вида тор се включват в допустимите граници. По отношение на рН различията между отделните торове са несъществени, като с най-високи стойности за алкална среда е птичата тор, което кореспондира с по-високите стойности на азота. Двата основни биогенни елемента / К и Р/ са с по-високи стойности при тора получена при моногастричните животни. Прави впечатление високият процент на калий при птичата тор, който е почти два пъти по-висок и от този при свинската тор.

На същата таблица са представени и два вида силаж : от царевица и пауловния. Сравнени по отношение на СВ и органичен въглерод / основни показатели, характеризиращи производството на биогаз/ се вижда, че силажа от пауловния е с по-високи стойности / за СВ 28,46 срещу 26,0, а за С 43,29 срещу 26,49/.

Показатели № на пробата	СВ, %	ОВ, % от СВ	С, %	N, %	Азотни фракции, mg/kg			C : N	pH	K, %
					N-Амониев	Нитритен	Нитратен			
1.Говежда тор	30,80 ± 0,98	77,90 ± 1,21	35,93 ± 0,41	1,97 ± 0,04	714,6	10,2	5,0	18,23	7,41± 0,19	0,91
2.Птича тор	8,22 ± 1,31	81,32 ± 0,91	28,55 ± 0,43	2,3 ± 0,03	3865	62,6	13,6	12,41	8,22 ± 0,57	2,53
3.Свинска тор	30,77 ± 0,33	77,97 ± 1,09	29,67 ± 0,19	2,05 ± 0,03	2761	5,0	<1,0	14,47	7,54	1,25
4.Царевичен силаж	26,00 ± 0,42	87,73 ± 0,67	26,49 ± 0,29	1,79 ± 0,09	609	18,6	<1,0	14,80:1	4,6	3,64
5.Силаж пауловния (пролетни листа)	28,46 ± 0,31	88,90 ± 0,97	43,29 + 1,11	2,45 ± 0,09	1096 ± 13,24	19,4 ± 0,05	39,3 ± 1,25	17,67:1	4,3 ± 0,15	1,70 ± 0,07
6.Листа-пауловния (пролет)	23,40 ± 1,01	92,43 ± 0,14	37,26 ± 2,11	2,15 ± 0,03	205,5 ± 9,03	< 5	< 5	17,33:1	5,31 ± 0,28	2,12 ± 0,13
7.Листа-пауловния (есен)	41,40 ± 1,23	94,99 ± 1,29	38,76 ± 0,98	1,22 ± 0,05	148,9 ± 1,13	< 5	< 5	31,77:1	5,63 ± 1,12	1,89 ± 0,09
8.Захарно цвекло (глави)	36,11 ± 1,15	91,61 ± 0,29	40,17 ± 1,21	1,32 ± 0,03	1070,9 ± 2,11	9,7 ± 0,33	80,0 ± 10,5	30,43:1	5,52 ± 0,04	0,60 ± 0,02
9.червено цвекло (глави)	25,12 ± 1,96	88,59 ± 0,33	41,05 ± 0,98	2,23 ± 0,21	1774,2 ± 1,19	16,7 ± 1,1	14422,8 ± 23,5	18,41:1	5,21 ± 0,013	1,01 + 0,03
10.Кръмно цвекло (глави)	25,70 + 0,98	89,71 ± 0,45	39,35 + 1,03	2,05 ± 0,11	1771,2 ± 3,04	6,0 ± 0,98	13840,4 ± 1,22	19,20:1	5,10 ± 0,45	1,01 ± 0,03

Листата от *P. elongata* представени в 2 категории. „Пролетните“ листа са обект на изследване, тъй като при нашите изследвания се установи че е възможно през всеки вегетационен период четирикратно косене на стеблата заедно с листната маса и нейното използване. Есенните листа са обект на изследване, тъй като след първата слана цялата листна маса опадва и е възможно със сравнително малък разход на труд да се събере и силажира.

При сравнение на силажа от пауловния пролетни листа с изходната суровина / зелена листна маса/ по отношение на сухо вещество и въглерод се вижда, че и по двата показателя силажа има превъзходство. По отношение на азота и производните на азота фракции се наблюдават подобни тенденции. По показателя съотношение азот и въглерод силажа от Пауловния приготвен от листна маса прибрана през пролетта не се различава от свежата листна маса. Закономерно стойностите за рН са по-ниски при силажа сравнен с изходната суровина / 4,3 срещу 5,63/. По отношение на двата основни биогенни елемента / калий и фосфор/ различията са несъществени. Сравнявайки свежа листна маса – пауловния прибрана през пролетта и есента по отношение на СВ се наблюдават почти два пъти по-високи стойности при есенните листа спрямо пролетните. По отношение съдържание на азот стойностите са почти два пъти по-високи в листната маса прибрана през пролетта, за разлика от процента на въглерода, където разликите между листната маса прибрана през пролетта и есента са несъществени. Независимо от по- високите стойности на азота в листната маса прибрана през пролетта съществени различия в азотните фракции не се наблюдават. Съотношението между въглерод и азот и при листна маса прибрана през пролетта е 17,33:1, а при листна маса прибрана през есента е 31,77:1. Съотношението между въглерод и азот и при двете листни маси са в оптималните стойности характеризиращи производството на биогориво. Не се наблюдават различия между листната маса / пролет, есен/ по отношение на показателя рН. И при двата вида листна маса съдържанието на калий е по-високо, спрямо това на фосфора. Сравнителните проучвания между листна маса есенни листа и силажа произведен от тях по отношение на основните технологични показатели са обект на следващи проучвания.

Данните за съдържание на азотни фракции / амониев, нитритен и нитратен азот/ са разнопосочни. По отношение на другия важен показател С:N (за правилно протичане на метановата ферментация) и трите вида цвекло са в границите на оптималните стойности, като за захарното цвекло е в горната граница(30,43:), а за червеното и кръмното на долната граница (18,41:1 и 19,20:1 съответно). По отношение на показателя рН различията са несъществени. Не се наблюдават различия в стойностите на двата биогенни елемента (К и Р) при трите вида цвекло.

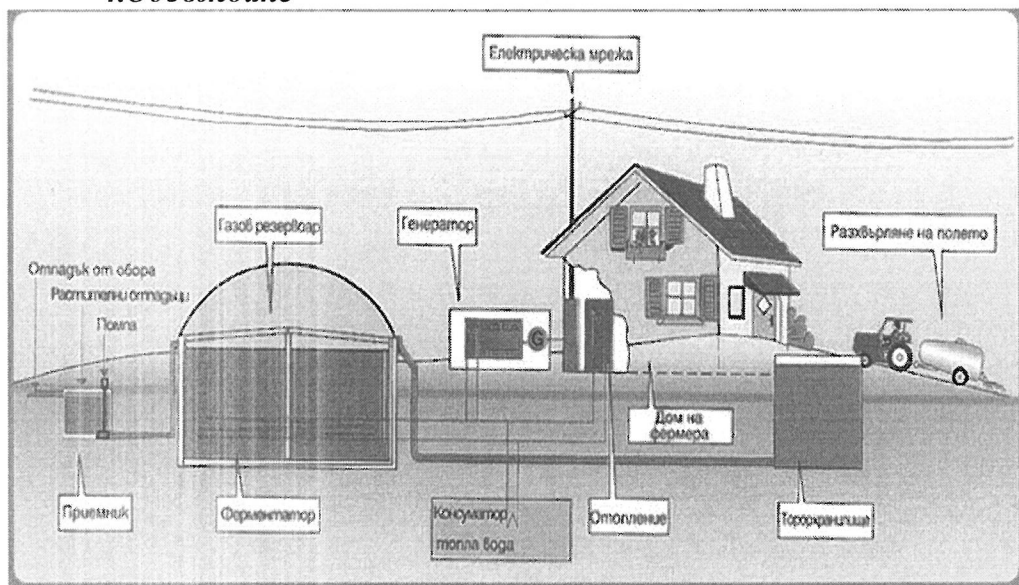
При преценка на компонентите в микса следва да се акцентира върху няколко основни показатели:

- Сухо вещество – като се има предвид ,че се предвижда използване на субстратен микс със съдържание на сухо вещество 7-10% всички изследвани суровини са в категорията на подходящите
- Органично вещество – от 77,90 до 91,61% от сухото, което е показател на наличие на органични съединения от които се получава енергия
- Съотношение С:N варира от 12,41 до 31,77 което позволява при миксирането да се постигне оптималното съотношение
- Амониите йони имат инхибиращо метановата ферментация действие когато превишат 2710 мг/л .Независимо че в птичия и свинския тор са установени високи стойности те са в мг на кг сухо вещество и

заклучението е, че при смесване на субстратите не може да има инхибиращ ефект на амониевите йони.

- Инхибиращо е на калия когато превиши 3000 мг/л субстрат във ферментатора. При изследваните от нас 10 субстрата /данните са мг на кг сухо вещество/ при никой не се наблюдава превишаване на критичната граница

4. Обсъждане



Фиг.4 Агроекологичен холдинг включващ производство на биогаз и почвен подобрител

На фигурата е представен цикъла на оползотворяване на органичните отпадъци, който включва: събиране на отпадните органични маси, тяхната преработка чрез АР, оползотворяването на получения биогаз и използването на преработената в тор суровина за повишаване на плодородието на почвата. Като цяло, производството на биогаз е един модерен начин за комплексно решаване на въпроси, свързани както с опазването на околната среда, така и с оползотворяването на биологичните отпадъци за горивни цели и производството на енергия. При производството на биогаз се получава газово гориво и частично минерализирани органични отпадъци, известни като биошлам. Биогазът може да бъде използван като транспортно гориво. Той е аналог и отлична алтернатива на фосилните горива, които са изчерпаеми и са с висока цена в световен мащаб. В процеса на образуване на биогаз субстратът претърпява редица промени - физични, химични и микробиологични. Променя химичният си състав и се превръща в т.нар. компост или биошлам, който се използва като почвен подобрител. Биошламът е единственият продукт при производство на енергия, който повишава почвеното плодородие и подобрява структурата на почвата. Органичният субстрат съдържа всички биогенни макро- и микроелементи в оптимално за почвените биоценози съотношение. Биошламът е продукт, който е деконтаминиран и не съдържа яйца на паразити, патогенни микроорганизми и токсични газове.

Производството на биогаз има изключително голям екологичен ефект. Биогазът може да се разглежда като продукт от трансформацията на слънчевата енергия. В резултат на ферментационните процеси, преобразуваната и натрупана в растенията слънчева енергия се освобождава като нов вид енергоносител – биогаз. От голямо значение е, че процесът е практически неутрален по отношение баланса на въглеродния

диоксид в атмосферата. Освободеният след изгарянето на биогаза въглероден диоксид е в такова количество, че отговаря на ресурса на възобновяващата се биомаса и може да бъде включен непосредствено във фотосинтезата на растенията. При изгарянето на изкопемите горивни суровини (въглища, природен газ, нефтопродукти) се освобождава въглероден диоксид, който поради дългия период от време в този момент не е включен в природния кръговрат и липсата на ресурс за неговото преработване го остава в свободно състояние, като излишък в атмосферата. Биогазовата енергетика не нарушава естествения кръговрат на въглеродния диоксид и освободените количества ще се включат във възстановяването на биомасата, без да предизвикват увеличаване на парниковия ефект.

Чрез въвеждане на биогазовата технология се предотвратява увеличаването на количествата на метан в атмосферата, получаван така или иначе при неконтролируемите ферментационни процеси в отпадната биомаса. Трябва да имаме предвид, че при еднаква концентрация в атмосферата метанът има близо 30 пъти по-голям парников ефект, отколкото въглеродният диоксид.

Използването на биогаз заменя природните горива за производство на енергия, с което намалява емисиите на парникови газове и допринася за ограничаване на глобалното затопляне.

Суровина за получаване на биогаз може да бъде биомаса с голяма влажност и разнообразие на компонентите (отпадъци от животновъдни ферми; отпадъци от селскостопанска продукция – листа, трева, слама); отпадни и канализационни води, съдържащи органични отпадъци; отпадъци от преработващата и хранителновкусовата промишленост и др.).

Органичните отпадъци са сериозен проблем, защото се натрупват в големи количества и замърсяват околната среда. Един от основните екологични проблеми на съвременното общество е генерирането на все по-големи количества отпадъци. Производството на биогаз чрез анаеробно разграждане (анаеробна ферментация) се разглежда като оптимален метод за редуциране на органичните отпадъци в световен мащаб. Биогазът представлява евтин и CO₂-неутрален източник на възобновяема енергия, който дава възможност за обработка на широка гама от органични отпадъци по безвреден за околната среда начин. Отпадъчните продукти от животновъдството са огромен замърсител на природата и тяхното натрупване представлява огромен риск за здравето на човека и на екосистемите.

Едно от най-големите предимства на производството на биогаз е възможността отпадъчната биомаса да се трансформира в ценен ресурс чрез използването и като суровинен източник на анаеробно разграждане. Производството на биогаз дава ефективно оползотворяване на всички органични отпадъци в херметизирана производствена система, с което се изключва замърсяване на околната среда. Технологиите за производство на биогаз допринасят за редуциране на обема на отпадъците и на разходите за оползотворяването им. Прилагането на технологиите, базирани на анаеробно разграждане ще доведе до смекчаване на глобалните проблеми, водещи до замърсяване на околната среда и освен това ще допринесе за повишаване на устойчивото развитие на селските райони и като цяло развитието на селскостопанския сектор.

Енергията на биогазовите инсталации спада към възобновяемата енергия. Чрез производството на възобновяващия се носител биогаз, биогазовите инсталации дават своя дял в опитите да се съхранят ограничените като количества изкопаеми енергоносители. Биогазът е гъвкав носител на енергия и най-често се използва за

производство на електричество и/или топлина, както и да се използва като заместител в автомобилното гориво.

Остатъкът след анаеробното разграждане е биошлам. Биошламът е екологично чист и качествен продукт за повишаване на почвеното плодородие. В полученият продукт са съхранени всички необходими макро и микроелементи за растенията; няма съдържание на патогенни микроорганизми, яйца на паразити и токсични газове. При анаеробната ферментация се постига частична минерализация на азота и фосфора и остатъчният продукт от ферментацията се явява отличен тор за подхранване на почвата. Използването на биошлам води до намаляване на разходите за минерални торове, които са най-енергоемкият продукт в растениевъдството. Допълнителен ефект от това е опазването от замърсяване на питейната и на подпочвената вода.

В получения тор кълняемостта на плевелните семена е сведена до нула. Това е солидна предпоставка за водене на земеделие без използване на пестициди.

Създават се солидни предпоставки за развитие на екологично земеделие и за организиране на селски туризъм не само за да се покажат съвременни ферми, без традиционните за България замърсители, но и защото селският туризъм е немислим без чиста природа.

Ако към всичко това се прибави и ефектът от производството на енергия – електрическа и топлинна, то като цяло се получават много сериозни аргументи, които вероятно са в основата на взетото от европейските страни решение за стимулиране на изграждането на биогазови инсталации.

5.Изводи

1. Екологичната биоенергетика е нов етап от теорията и практиката за решаване на енергийните проблеми в света, тъй като се реализират възможности за комплексно оползотворяване на материята / в т.ч. и отпадъчна биомаса/ в биоенергийни холдинги.

2. Използването на традиционни енергийни култури по ефективност е сравнимо с използване на отпадъчна растителна биомаса или на нови растителни ресурси какъвто е Пауловникът

3. Съчетаването на две биотехнологии млечнокисела ферментация и анаеробно разграждане на силажираната биомаса позволява повишаване на ефективността на АР.

6.Благодарности: Настоящата разработка е резултат от изпълнението на договор ДФНИ-Е01/3 от 27.11.2012 г, финансиран от ФНИ на който изказваме благодарност.

6. Литература

1. Байков, Б., Б. Захаринов, Х. Христов, Х. Харизанов, 2002. Екологична преценка на преработка на животински торове. Преценка на микробната деконтаминация, сп. Животновъдни науки, № 2, 31 - 33.
2. Байков, Б., Б.Захаринов И.Чуканов, 2004, Екологична преценка на нова технология на метанова ферментация на битови отпадъци, Екологично инженерство и опазване на околната среда, №4, 32-39
3. Байков, Б., Б. Захаринов, Ю. Георгиева, Н. Маринова. 2005. Екологична преценка на биошлама от метанова ферментация на тор от кокошки носачки, Юбилеен сборник на ЛТУ, 58-60.
4. Байков Б. Б, Захаринов, Ю.Георгиева, Н. Маринова, 2004. Екологична преценка на биошлама от метанова ферментация на тор от кокошки-носачки.V-ти международен симпозиум Екология – устойчиво развитие, Враца, 42-49.

5. Байков, Б., Б.Захаринов, К.Киров, И.Симеонов, Н. Маринова, Ирина Попова 2005. Нова технология за преработка на органични отпадъци от животновъдството с повишено съдържание на суховещество. Сборник от научната конференция 10 години факултет по ветеринарна медицина, 78-82.
6. Байков Б., Б. Захаринов, 2005. Екологична оценка на технологиите за оползотворяване на органични битови отпадъци. Екологично инженерство и опазване на околната среда, книжка 3-4, 4-15.
7. Байков Б., Й. Петков, К. Киров, Б. Захаринов, Н. Маринова, И. Попова. 2007. Изследване качествата на биошлама като естествен заместител на високо енергоемки изкуствени торове. Екологична оценка на количеството на токсични елементи в биошлама. Екологично инженерство и опазване на околната среда, № 2, с. 33-36
8. Байков, Б., Ив. Симеонов, 2009. Българския опит в областта на анаеробното разграждане на органични отпадъци, специализиран брой "Екологично инженерство и опазване на околната среда", кн IV, 28-35
9. Байков, Б., Б.Захаринов, Н.Маринова, Й.Петков, С.Симеонов 2010. Научен отчет на тема „Изследване качествата на биошлама като естествен заместител на високо-енергоемки изкуствени торове“, ФНИ архив, 180 стр.
10. Захаринов, Б., Б.Байков .2008, Отчет по проект „Сравнителни проучвания върху технологии за преработка на органични отпадъци и преценка на технология Oxalor
11. Захаринов Б. Биомаса, биогаз, биошлам в енергетиката на антропогени екосистеми, НБУ 2013г , монография
12. Киров, В., Б.Байков, Й.Петков, 2008. Проучване върху технологии за повишаване плодородието на почвите при биологично производство на селскостопански култури. Съдържание на биогенни елементи при анаеробна ферментация и компостиране, сб. VIII Международен симпозиум "Екология и устойчиво развитие, Враца, 2008, 38-44
13. Киров В., Запрянка Шиндарска, Ботьо Захаринов, Байко Байков, 2008. Сравнително проучване на нови енергийни култури за производство на биогаз, научната конференция с международно участие „Традиции и съвременност във ветеринарната медицина“, УОГС – Юндола (под печат)
14. Попова, Теодора, Захаринов, Ботьо и др. Редукция на патогенни микроорганизми при периодично-доливен и непрекъснат процес на метанова ферментация. Селскостопанска наука = Agricultural science, 2008, Год. XLI, с. 5, с. 16-23
15. Попова Т., Б. Захаринов, Й. Петков, В. Киров, Б. 2009, Преценка на степента на микробно деконтаминиране при преработка на несменяема постеля при технологии с помощта на маркирани микроорганизми, Сборник научни трудове , "Седми международен симпозиум Екология – устойчиво развитие, гр.Враца, 23-28.10.2008", стр.42-47